

# 2021 AMAP MERCURY ASSESSMENT

SUMMARY FOR POLICY-MAKERS  
ARCTIC MONITORING & ASSESSMENT PROGRAMME

1. AMAP is the publisher the original English version
2. The Japanese translated version of the SPMs is made by ArCS II.
3. In the Japanese translation, the meaning of each sentence has been emphasized rather than a literally translation.
4. If any inconsistency between the translated Japanese and the original English version, the English version holds the validity.
5. Views in the Japanese translation are not necessarily shared by AMAP
6. For further information on the project: [www.amap.no](http://www.amap.no) or contact the AMAP Secretariat

ArCS II : Arctic Challenge for Sustainability II  
<https://www.nipr.ac.jp/arcs2/e/>



AMAP

## 2021年 AMAPの水銀評価

### 政策決定者向けの要約 北極圏監視評価プログラム (AMAP)

1. 本報告書の英語オリジナル版はAMAPより出版されました。
2. 本報告書の日本語翻訳版はArCS IIにより作成されました。
3. 日本語翻訳版では、表現をわかりやすくするために意訳された箇所があります。
4. 日本語翻訳版と英語オリジナル版の間に不一致箇所がある場合は、英語オリジナル版が有効となります。
5. 日本語翻訳版に掲載されている見解は、必ずしもAMAPの見解ではありません。
6. 本プロジェクトに関する詳細については、AMAPウェブサイト ([www.amap.no](http://www.amap.no)) をご覧いただくか、本レポートに記載された事務局連絡先までお問い合わせください。

ArCS II : 北極域研究加速プロジェクト <https://www.nipr.ac.jp/arcs2/>



## KEY FINDINGS



1

📍 Mercury from anthropogenic emissions around the world continues to travel to the Arctic environment. Atmospheric levels in the Arctic are generally decreasing, while both increasing and decreasing trends of mercury in Arctic biota have been observed over the last two decades. Decreasing trends in air may be linked to either lower emissions from regions nearer the Arctic, or the effects of climate change, or both. The inconsistent trends in biota are due to complex environmental processes, some of which are also associated with climate change.



2

📍 People living in the Arctic remain among some of the most exposed human populations globally to mercury, and some Arctic wildlife face high and critical levels of exposure. Geographic hotspots and some highly exposed species, particularly among marine mammals and seabirds, are a cause for concern.



3

☀️ New research has increased our understanding of the sources of mercury and how it moves through Arctic ecosystems. In particular, we have a clearer understanding of the long-range transport of mercury, the processes by which it is deposited in the Arctic, how it moves through tundra and permafrost, and how inorganic mercury is transformed into more toxic methylmercury in the Arctic.



4

📍📍 We are seeing the effects of climate change on the environmental behaviour of mercury in the Arctic, although large uncertainties remain regarding the long-term implications for the exposure of wildlife and people to mercury. The clearest evidence of the effects of climate change relate to the release of mercury from thawing permafrost and melting glaciers. Changes to the distribution of species is also changing mercury exposure in food webs.

## 主要な研究結果

1



世界中で人為的に排出される水銀は、北極の環境中へ移動し続けている。北極での大気濃度は一般的に減少しているが、北極の生物相中については、過去20年間に水銀の増加傾向と減少傾向の両方が観察されている。大気中の減少傾向は、北極に近い地域からの排出量の減少、または気候変化の影響、あるいはその両方に関連している可能性がある。生物相中の変化傾向は一貫性がなく、それは環境中の複雑な諸過程によるところが多く、その一部は気候変化にも関連している。

2



北極に住む人々が世界中で最も水銀にさらされている人々の部類に含まれるという状況には依然変わりがなく、北極の野生生物の中には、高く重大なレベルの曝露に直面しているものもある。地理的なホットスポットになっていることと、海洋哺乳類と海鳥など水銀に特に曝露されているいくつかの種があることが懸念の原因となっている。

3

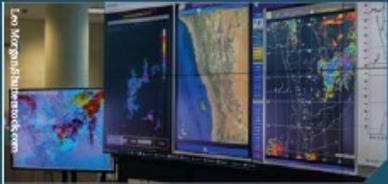


新たな研究により、水銀の排出源や北極の生態系における水銀の移動に関する理解が深まった。特に、水銀の長距離輸送、北極での水銀の沈着過程、ツンドラや永久凍土中での水銀の移動、および北極で無機水銀がより毒性の高いメチル水銀に変わる過程について、より明瞭に理解できるようになっている。

4



北極の環境中での水銀の挙動に対する気候変化の効果がみられるようになっているが、野生生物や人々の水銀への曝露に関する長期的な影響については大きな不確実性が残っている。気候変化の効果の最も明白な事実は、永久凍土層の融解と氷河の融解を通じた水銀の放出に関連している。また、生物種の分布の変化は、食物網における水銀曝露の状況を変化させている。



## 5

 Modelling indicates that stringent but feasible controls on global mercury emissions can reduce future Arctic mercury concentrations over both the near term and the medium term. Despite uncertainty inherent in modelling, it shows the importance of not delaying even modest emission reduction policies. Reducing 'new' anthropogenic emissions is key to reducing the build-up of mercury in the environment.



## 6

 Measurements of mercury concentrations in the Arctic will make an important contribution to assessments of the effectiveness of the Minamata Convention. A large number of long-term time series of mercury in air and biota are available from sites around the Arctic. These time series cover the last 20 years or more, allowing for comparisons before and after the adoption of the Minamata Convention. AMAP is therefore well placed to contribute to assessments of the effectiveness of the convention.



## 7

 The contribution of Indigenous Peoples has been critical to core Arctic research and to the development of global agreements on contaminants such as the Minamata Convention. Active collaboration between Indigenous Peoples and scientists has led to important contributions to mercury research and monitoring in the Arctic.

### KEY TO SYMBOLS:



OBSERVED



PROJECTED



NEW FINDING



UPDATED FINDING



KNOWLEDGE GAP



REINFORCING MESSAGE

## 5



世界の水銀排出量に対する厳しいが実行可能な管理によって、将来の北極の水銀濃度を短期的および中期的に減らすことができることをモデリングの結果が示している。モデリングには不確実性が内在するものの、この結果は、緩やかな排出削減政策であってもその実施を遅れさせないことの重要性を示している。環境中の水銀の蓄積を減らすためには「新たな」人為的排出を減らすことが鍵である。

## 6



北極の水銀濃度の測定は、水俣条約の有効性評価に対して重要な貢献をすることになる。北極地域には、大気中および生物相中の水銀の長期時系列データが数多く存在している。これらの時系列データは過去20年以上をカバーしており、水俣条約採択の前と後での比較が可能である。したがってAMAPは、条約の有効性評価に貢献するのに好位置にいると言える。

## 7



先住民の貢献は、北極地域における中核的な研究と、水俣条約などの汚染物質に関する世界的な合意の形成に不可欠なものであった。先住民と科学者の間の活発な協力は、北極における水銀の研究と監視に重要な貢献をもたらした。

### 記号の意味:



観測（観察）



予測



新たな研究結果



更新された研究結果



知識のギャップ



強化に関するメッセージ

## INTRODUCTION

Mercury pollution threatens the health of wildlife and human populations in the Arctic. It is a global environmental contaminant with both natural and human sources. Much of the mercury in the Arctic is carried to the region by air and ocean, where it accumulates in food chains, resulting in high levels of mercury in top predators. People, especially Indigenous Peoples and other Arctic residents for whom marine mammals make up an important part of their diet, are at risk from high levels of exposure.

Concerns about the risks posed by mercury to human health and the global environment led to the 2013 Minamata Convention on Mercury, which came into force in 2017. The Convention creates a global regulatory framework, introducing controls on mercury mining, emissions to air, land and water, and the phase-out of mercury use in a number of products and processes.

The Arctic Monitoring and Assessment Programme (AMAP) has produced scientific assessments of mercury in the Arctic since 1998. The latest assessment *AMAP Assessment 2021: Mercury in the Arctic*, from which this summary is derived, updates the 2011 AMAP assessment that focused solely on mercury, as well as information presented in recent AMAP assessments of contaminant effects on Arctic wildlife (2018), and also introduces the latest information on mercury and human health in the Arctic.

Information produced by AMAP, and the involvement of Indigenous Peoples and Arctic countries, were crucial in the negotiations leading up to the Minamata Convention, the preamble of which references “the particular vulnerabilities of Arctic ecosystems and Indigenous communities”.

The Convention mandates ongoing assessment of its effectiveness, which requires monitoring of mercury pollution. This latest assessment from AMAP provides current scientific information and context that the international community will need to understand the impact of the Convention on the Arctic environment and people, and identifies additional research needed to minimise these impacts of mercury.



### THE MINAMATA CONVENTION, AMAP AND THE ARCTIC

The adoption of the Minamata Convention on Mercury in 2013 marked a breakthrough in the international effort to address mercury pollution. The UN treaty, which entered into force in August 2017, is the first global agreement to control emissions of mercury, including by phasing-out its use in many products and by requiring Parties to control, and where feasible, reduce mercury emissions from coal-fired power plants, coal-fired industrial boilers, non-ferrous metals production, waste incineration and cement clinker production. All Arctic Council member states apart from the Russian Federation are Parties to the Convention.

The work of AMAP, Arctic scientists and, importantly, Arctic Indigenous Peoples played a significant role in the establishment of the Minamata Convention. The preamble to the Convention specifically refers to the “particular vulnerabilities of Arctic ecosystems and Indigenous communities”.

Under Article 22 of the Convention, Parties shall, beginning no later than 2023, evaluate the effectiveness of the Convention. Work is underway to establish arrangements for this effectiveness evaluation that includes a provision for “comparable monitoring data on the presence and movement of mercury and mercury compounds in the environment as well as trends in levels of mercury and mercury compounds observed in biotic media and vulnerable populations”.

The Arctic monitoring and assessment work of AMAP, which is underpinned by national monitoring programmes, has been recognized as one of the best examples of a regional mercury monitoring system that can help assess the effectiveness of the Minamata Convention. AMAP is therefore well positioned to continue to support the Convention's further implementation.

## 序論

水銀汚染は、北極の野生生物と人々の健康を脅かしている。水銀は、自然と人間の両方に発生源を持っている地球環境の汚染物質である。北極に存在する水銀の多くは、大気と海洋によってこの地域に運ばれ、食物連鎖の中で蓄積され、最上位の捕食者に高レベルの水銀をもたらしている。人々、特に海洋哺乳類が食生活の重要な部分を占めている先住民や他の北極の住民は、高レベルの曝露のリスクにさらされている。

水銀が人々の健康と地球環境にもたらすリスクに対する懸念から、2013年の「水銀に関する水俣条約 (Minamata Convention on Mercury)」が締結され、2017年に発効した。この条約は世界的な規制の枠組みを定め、水銀の採掘、大気、陸地と水域への排出、および多くの製品や製造過程における水銀使用の段階的廃止に向けた規制を導入している。

北極圏監視評価プログラム (AMAP) は、1998年以来、北極の水銀の科学的評価を実施している。最新の評価報告書である「AMAP Assessment 2021: Mercury in the Arctic (AMAP 評価2021：北極の水銀)」が本要約の元になっているが、これは水銀のみを扱った2011年のAMAPアセスメントをアップデートし、また最近出版された「AMAP assessments of contaminant effects on Arctic wildlife (2018) (北極の野生生物に対する汚染物質の影響に関するAMAP評価 (2018))」で提示された情報を更新し、さらに北極の水銀と人間の健康に関する最新情報も紹介している。

AMAPによって作成された情報、および先住民と北極諸国の関与は、水俣条約に至るまでの交渉において極めて重要であり、条約前文では「北極の生態系と先住民社会の特定の脆弱性」として言及されている。

水俣条約は、その有効性の継続的な評価を義務付けていて、このためには水銀汚染の監視 (モニタリング) が必要である。上記のAMAPによる最新のアセスメントは、国際社会が北極の環境と人々に対する条約の影響を理解するために必要となる現在の科学情報と状況に関する情報を提供し、水銀のこれらの影響を最小限に抑えるために必要な更なる研究を特定している。

### 水俣条約、AMAPと北極

2013年の水俣条約の採択は、水銀汚染に取り組む国際的な取り組みの突破口となった。2017年8月に発効したこの国連条約は、多くの製品での水銀使用を段階的に廃止し、締約国に石炭火力発電所、石炭火力産業用ボイラー、非鉄金属の生産、廃棄物の焼却、セメントクリンカーの生産に伴う水銀排出を管理し、可能な場合には削減することを含む、水銀の排出を抑制するための初めての世界的合意である。ロシア連邦を除くすべての北極評議会加盟国は、この条約の締約国である。

AMAP、北極の科学者、そして重要な点として北極先住民の活動が水俣条約の制定に重要な役割を果たした。条約の前文は、特別に「北極の生態系と先住民コミュニティの特定の脆弱性」に言及している。

条約第22条に基づき、締約国は2023年までに、条約の有効性を評価することになっている。この有効性評価の段取りを決める作業が進行中であり、そこには「環境中の水銀と水銀化合物の存在と動き、および生物や脆弱な人々の集団で観察される水銀と水銀化合物の濃度の傾向に関する比較可能なモニタリングデータ」の規定が含まれている。

各国の監視プログラムに支えられているAMAPの北極の監視と評価の活動は、水俣条約の有効性を評価するのに役立つ地域の水銀監視システムの最良の例の1つとして認識されている。したがって、AMAPは、条約の今後の実施を支援し続けるのに適した立場にいる。



## WHY MERCURY IS A CONCERN IN THE ARCTIC

AMAP has been tracking mercury pollution in the Arctic for the past 30 years. Despite minimal emissions from human sources within the region, the transport of contamination from outside the region means that mercury levels in the Arctic have increased by a factor of 10 over the last 150 years, although some trends have become more variable in the past three decades.

The rapid warming of the Arctic as the global climate changes is altering how and how much mercury is transported, deposited and cycled through the atmosphere, oceans, soils and vegetation in ways that are difficult to forecast.

Relatively long Arctic food chains result in mercury biomagnifying in some species at the top of the food chain. Because certain high trophic-level species, including marine mammals, form an important part of the traditional diet in some Arctic communities, Indigenous and local people in the region face some of the highest dietary exposures to mercury worldwide.

It is well-established that mercury exposure is linked to adverse health effects in people and wildlife, including neurological and cardiovascular impairments. Studies of Arctic populations have been influential in uncovering these relationships.

For example, human biomonitoring in the Faroe Islands found that children exposed to methylmercury in the womb showed decreased motor function, attention span, verbal abilities and memory. A study of child development in Nunavik found mercury exposure was associated with lower IQ, poorer comprehension and reasoning,

and increased risk of attention problems. In adults, exposure has been linked to acceleration of age-related mental decline. There is also some evidence of mercury exposure leading to poorer cardiovascular health, such as high blood pressure, although findings from studies in the Arctic have been inconsistent.

For biota, most species of marine mammals, birds, fish and invertebrates in the region are at low or no risk for health effects from mercury exposure, according to the most recent research. However, geographic hotspots and highly exposed high trophic-level species exist in the region, and mercury remains a cause for concern for some populations of birds and long-lived Arctic marine mammals, including polar bears, pilot whales, narwhals, beluga and hooded seals. In an assessment of studies of a total of 3,500 individuals, across different marine mammal species, age groups and regions, around 6% were judged to be at high or severe risk of health effects from mercury exposure. Similarly, several seabird populations were found to have concentrations of mercury that exceed toxicity benchmarks.

## なぜ北極で水銀が懸念事項になるのか？

AMAPは過去30年間にわたり、北極の水銀汚染を追跡してきた。北極では、地域内の人的起源の排出は少ないにもかかわらず、地域外からの汚染物質の輸送により、過去150年間で北極の水銀濃度は10倍に増加した。ただし過去30年間については一部の变化傾向にばらつきが見られるようになってきた。

地球規模の気候変化に伴う北極の急速な温暖化は、大気、海洋、土壌、植生の中で水銀がどのように、どれだけの量、輸送され、沈着、循環するかを予測困難な形で変化させている。

北極の比較的長い食物連鎖のために、食物連鎖の最上位にあるいくつかの種で水銀が生物濃縮することになる。海洋哺乳類を含む特定の高栄養段階の種は、いくつかの北極社会の伝統的な食生活の重要な部分となっているため、この地域の先住民や地元の人々は、食事を通じて世界で最も高いレベルの水銀への曝露に直面している。

水銀への曝露が、神経系や心血管系の障害など、人や野生生物の健康への悪影響に関連していることはよく知られている。北極の人々を対象とした研究は、これらの関係を明らかにするのに役立つしてきた。

たとえば、フェロー諸島で行われたヒトのバイオモニタリングでは、子宮内でメチル水銀に曝露された子供は、運動機能、注意力、言語能力、および記憶力の低下を示していることがわかっている。ヌナビクでの子どもの発達に関する調査では、水銀曝露が知能指数の

低下、理解力と推論力の低下、注意障害のリスクの増加に関連していることがわかった。成人では、曝露が加齢に伴う精神的衰えの加速に関連付けられている。また、北極での研究結果では一貫性があるわけではないが、水銀曝露が高血圧などの心血管の健康状態の悪化につながるという証拠がある。

生物相については、最新の研究によると、北極地域の海洋哺乳類、鳥類、魚類、無脊椎動物のほとんどの種は、水銀曝露による健康への影響のリスクが低いか、全くない。しかしながら、この地域には地理的なホットスポットや曝露の程度が高い高栄養段階の種が存在していて、一部の鳥類やホッキョクグマ、ゴンドウクジラ、イッカク、シロイルカ、ズキンアザラシなど北極海の長寿命の哺乳類にとって水銀は依然として懸念原因となっている。さまざまな海洋哺乳類の種、年齢層、地域にわたる合計3,500個体の研究の評価では、約6%が水銀曝露による健康への影響のリスクが高いまたは深刻であると判断された。同様に、いくつかの海鳥の個体群は、毒性基準を超える水銀濃度を示していることがわかった。

## WHAT'S HAPPENING TO MERCURY LEVELS IN THE REGION?

Globally, emissions of mercury from human activities have risen in recent years. Emissions of mercury to the atmosphere were estimated to be around 20% higher in 2015 than in 2010. These anthropogenic emissions make up around 30% of total annual global emissions, while emissions from natural sources contribute less than 10%. The remainder is from the re-emission of mercury previously deposited to soils, vegetation and surface ocean waters; much of this is also originally from human sources. Reducing 'new' anthropogenic emissions is therefore the key to reducing the build-up of mercury in the environment, where it can recycle for many decades before it is slowly removed from the system.

However, the picture in the Arctic is complicated. Rising global anthropogenic emissions are not reflected at air monitoring sites in the region, most of which show declining concentrations. This may be because mercury emissions from major source areas that are closest to the Arctic, such as North America and Europe, have declined in recent years, whereas those in more distant regions, particularly Asia, have increased. Climate change may also be a factor, as changes to vegetation and snow cover in the Arctic can alter the uptake and re-emission of mercury. In ocean waters, areas associated

with elevated mercury concentrations appear to reflect patterns in aquatic mercury transport and chemistry rather than direct deposition from the atmosphere.

There are several sets of processes that influence the potential risk posed to living things in the Arctic from mercury exposure. Firstly, mercury is transported to the Arctic by the atmosphere, oceans and rivers, where it adds to historic contamination and cycles in Arctic water, soils, sediments, ice, plants and animals. The main forms of mercury transported via the atmosphere are inorganic. Aquatic systems transport both inorganic and organic mercury and a linkage between the organic methylmercury levels in the ocean and wildlife hot-spot areas has been detected.

The assessment provides updated information on, among other things, long-range transport and deposition processes, and summarises advances in our understanding of how atmospheric mercury is transferred to tundra, deposited on glaciers and stored in permafrost, and delivered to the Arctic Ocean. Important new findings relate to the importance of tundra vegetation in the uptake of gaseous mercury from the atmosphere.

Another set of processes controls the conversion of inorganic mercury into methylmercury, a neurotoxicant which bioaccumulates and biomagnifies within food webs. Since the 2011 AMAP assessment, our knowledge has increased regarding the processes that convert inorganic mercury to methylmercury, and which influence its uptake, bioaccumulation and biomagnification. For example, genes within micro-organisms have been discovered which control mercury methylation in thawing permafrost. In addition, our understanding of the role of dissolved organic matter in controlling the methylation and bioaccumulation of mercury has also significantly advanced.

Net emissions of mercury from the Arctic

## この地域の水銀レベルに何が起きているのか？

世界的に見ると、人間の活動からの水銀の排出量は近年増加している。2015年の大気への水銀の排出量は2010年よりも約20%多いと推定された。これらの人為起源の排出量は、世界の年間総排出量の約30%を占めているが、自然起源の排出量は10%未満である。残りは、以前に土壌、植生、表層海洋水に沈着した水銀の再放出によるものであるが、この多くは、もともと人間の活動に由来するものである。したがって、「新たな」人為的排出を削減することが環境中の水銀の蓄積を減少させるための鍵であり、そして水銀はその環境システムからゆっくりと除去されるまでに何十年も再循環するのである。

しかし、北極の状況は複雑である。世界的な人為的排出量の増加は、この地域の大気監視地点では反映されていなくて、ほとんどの地点で濃度の低下を示している。これはおそらく、北米やヨーロッパなど、北極に最も近い主要な発生源地域からの水銀排出量が近年減少したためであるのに対し、より遠い地域、特にアジアでは増加しているためである可能性がある。北極の植生と積雪の変化が水銀の取り込みと再放出を変える可能性があるため、気候変化も要因となる可能性がある。海水中では、水銀濃度が上昇している領域は、大気からの直接沈着ではなく、水中の水銀の輸送と化学作用を反映しているように見える。

北極の生物が水銀に曝露することで生じる潜在的なリスクに影響するプロセスは幾つかある。まず第一に、水銀は大気、海洋、河川によって北極に輸送され、そこで水、土壌、堆積物、氷、植物、動物の過去からの汚染物質に付け加わり、そして循環する。大気を介して輸送される水銀の主な形態は無機物である。水を介しては、無機水銀と有機水銀の両方が輸送され、海洋中の有機メチル水銀のレベルと野生生物のホットスポット地域の間に関連性が見出されている。

この評価書では、とりわけ、長距離輸送および沈着過程に関する最新情報を提供し、大気中の水銀がどのようにツンドラに輸送され、氷河に堆積し、永久凍土に貯蔵され、北極海に運ばれるのかについての理解の進展を要約している。新しい重要な発見として、大気からのガス状水銀の取り込みにおけるツンドラ植生の重要性に関連した知見が得られている。

もう一つのプロセスは、無機水銀からメチル水銀への変換を制御するものである。メチル水銀は神経毒性物質であり、食物網内で生物蓄積・生物濃縮する。2011年のAMAP評価報告書以来、無機水銀がメチル水銀へ変換されるプロセスや、その生物による摂取、生体内蓄積、および生物濃縮に影響を与えるプロセスに関する知識が増えてきた。たとえば、永久凍土層の融解の際に水銀のメチル化を制御する微生物内の遺伝子が発見されている。さらに、水銀のメチル化と生体内蓄積の制御における溶存有機物の役割についての私たちの理解も大幅に前進した。



One of the more significant discoveries since the last assessment, however, has been of a methylmercury enrichment layer at shallow depths in parts of the Arctic Ocean. For reasons that are unclear, this layer is much shallower than layers found in other oceans and is habitat for zooplankton and other lower-trophic level marine life. The uptake of this methylmercury by these marine biota could explain the longstanding mystery of why marine mammals in the western Canadian Arctic have higher mercury levels than those in the east.

There has been little research into the uptake of mercury in Arctic food webs, although the length of food chains in the region tends to lead to elevated methylmercury concentrations in top predators, and there is some evidence that cold, low-productivity ecosystems result in higher biomagnification of methylmercury. Mercury bioaccumulation can vary between and within species, depending on factors including diet, migration and growth rates. However, most of the mercury in higher trophic species is present in the form of methylmercury.

The evidence of changes over time in mercury loads among Arctic wildlife is inconsistent. Of 77 statistically robust time series of mercury concentrations in Arctic biota collected within the last 20 years, 44 showed an increasing trend,

32 showed a decreasing trend, and one showed no change. Studies of polar bear and pilot whale populations found significant increases in some populations, while some ringed seal and beluga whale groups studied showed declining levels.

Methylmercury levels in many human populations in the Arctic are elevated, largely as a result of the consumption of some of these high trophic-level marine species. However, diets are changing among Indigenous Peoples and local communities in the region, with traditional diets becoming increasingly supplemented by store-bought foods. This shift is reducing human exposure to methylmercury, but it is also associated with a poorer and less healthy diet overall, with lower levels of beneficial vitamins and fatty acids, due to the intake of imported processed food. It also has implications for food security and for the cultural identities of these communities.

Despite this transition away from country foods that can be high in methylmercury, recent analysis of mercury exposures found that Inuit in the Arctic remain exposed to some of the highest levels of methylmercury worldwide.

しかし、前回の評価以降のより重要な発見の1つは、北極海の一部の浅い深度にメチル水銀が濃縮された層が存在することである。理由は不明であるが、この層は、他の海洋で見られる同様の層よりもはるかに浅い深さにあり、そして動物プランクトンなどの低次栄養段階の海洋生物の生息地になっている。これらの海洋生物相によるこの高濃度メチル水銀の摂取は、カナダ北極域西部の海洋哺乳類の水銀レベルが東部の哺乳類よりも高いという長年の謎を説明できる可能性がある。

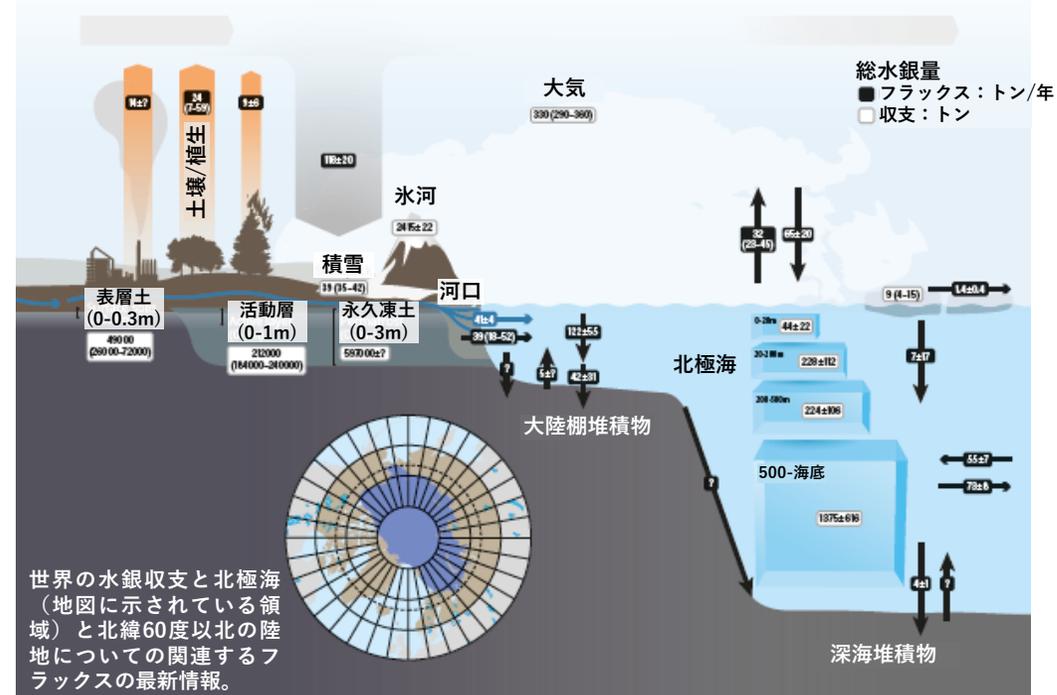
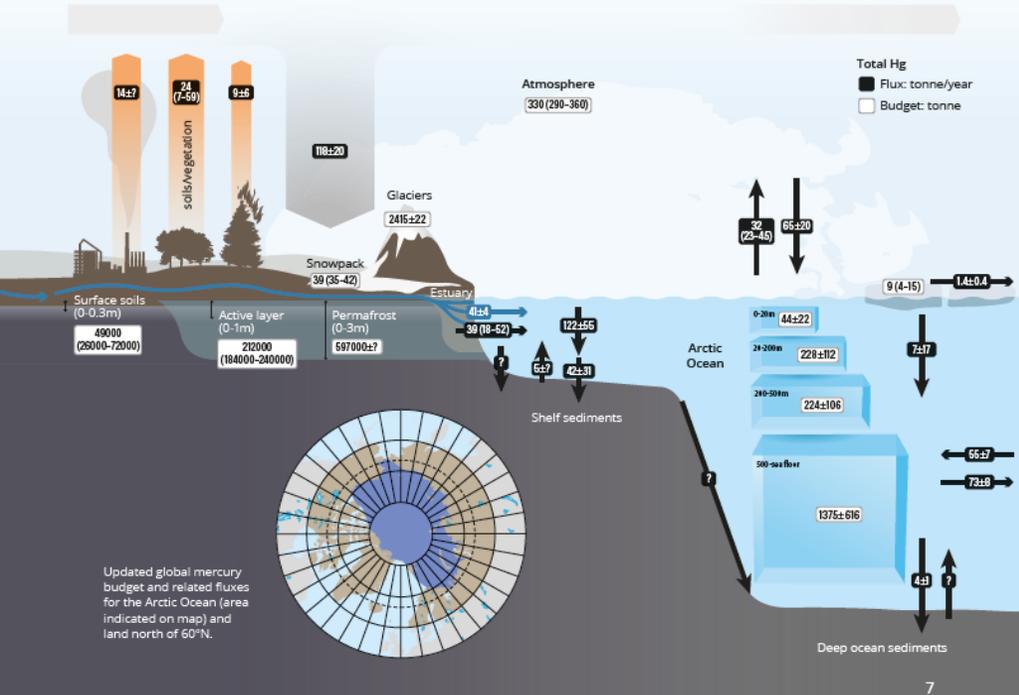
北極の食物連鎖における水銀の摂取に関する研究はほとんどないが、この地域の食物連鎖の長さが上位捕食者のメチル水銀濃度の上昇につながり易く、寒くて生産性の低い生態系ではメチル水銀の生物濃縮が高くなるといういくつかの証拠がある。水銀の生体内蓄積は、食餌、移動、成長率などの要因によって、種間および同一種内で異なる可能性がある。ただし、高次栄養段階の種では水銀のほとんどがメチル水銀の形で存在する。

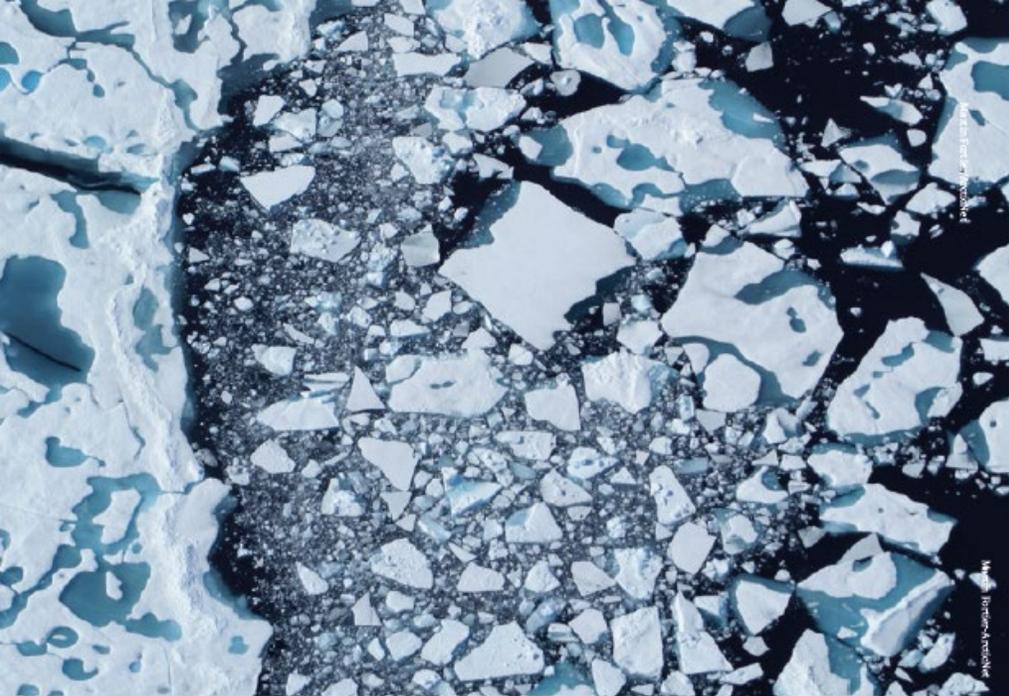
北極の野生生物の水銀負荷の経年変化については一貫性がない。過去20年以内に収集された、統計的に信頼性のある、北極生物相の水銀濃度の77件の時系列データのうち、44件

は増加傾向を示し、32件は減少傾向を示し、1つは変化を示さなかった。ホッキョクグマとゴンドウクジラの個体群の研究では、一部の個体群で有意な増加が見られたが、調査したワモンアザラシとシロイルカの一部のグループでは、濃度の低下が見られた。

北極の多くの人間集団のメチル水銀レベルは上昇しており、主にこれらの高次栄養段階の海洋生物種の一部を消費していることに起因している。しかし、先住民や地域社会の間では食生活が変化していて、伝統的な食生活が市販の食品によって補完されるようになってきている。この変化によって、人間のメチル水銀への曝露は減少しているが、輸入加工食品の摂取によって、有益なビタミンと脂肪酸のレベルが低くなり、全体的に貧弱で健康的でない食事にも繋がっている。このことはまた、食料の安全保障やこれらの社会の文化的アイデンティティにも影響を及ぼす。

このようにメチル水銀を多く含む可能性が高い自然の食物からの移行が進んでいるにもかかわらず、水銀曝露に関する最近の分析によると、北極のイヌイットが世界的にも高いレベルのメチル水銀にさらされたままであることが判明した。





## HOW IS CLIMATE CHANGE INFLUENCING MERCURY IN THE ARCTIC?

The Arctic is particularly sensitive to climate change, with air temperatures having risen at more than twice the rates seen elsewhere. This is thought to have occurred partly because of a feedback mechanism that includes reductions in sea ice and more open water, allowing the sea surface to absorb more solar radiation, which leads to higher temperatures and further loss of sea ice.

This rapid warming is causing profound changes to the Arctic's physical environment and to its ecological processes, including the distribution of existing species and invasion of new ones. These changes have consequences for how mercury moves through Arctic ecosystems, bioaccumulates in species and biomagnifies in food webs.

Since the last AMAP mercury assessment, substantial empirical, experimental and modelling evidence has emerged of how climate change affects the behaviour of mercury in the Arctic. This evidence supplements hitherto largely theoretical predictions.

This evidence shows that climate change is affecting a number of processes that influence levels of mercury in the Arctic environment and in its biota. These include the transportation of mercury to and within the Arctic, the extent to which mercury is converted by bacteria into the more toxic methylmercury, the biological uptake of methylmercury, and its transfer through food webs.

Warmer temperatures and increased storms are thawing permafrost, melting glaciers and eroding coastlines. The clearest evidence of the effects of climate change on the movement of mercury

## 気候変化は北極の水銀にどのような影響を及ぼしているか？

北極は特に気候変化に敏感であり、気温は他の地域の2倍以上の速さで上昇している。これは、海氷の減少や開水面の増加により、海面がより多くの太陽放射を吸収し、その結果気温が上昇し、海氷がさらに失われるというなどのフィードバックメカニズムが原因の一つであると考えられている。

この急速な温暖化は、北極の物理的環境と、既存の種の分布や新しい種の侵入など、その生態学的プロセスに深刻な変化を引き起こしている。これらの変化は、水銀が北極の生態系の中をどのように移動し、さまざまな種に生物蓄積し、食物網の中で生物濃縮されるかに影響を及ぼす。

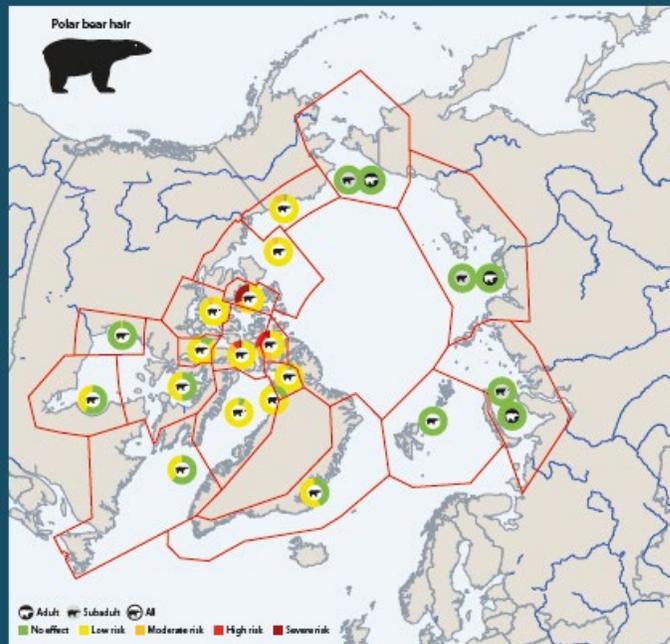
前回のAMAP水銀アセスメント以降、気候変化が北極の水銀の挙動にどのように影響するかについて、観測、実験、モデリングに基づく数多くの事実が明らかになってきた。これらの事実は、従来、主として理論的な予測でしかなかった事柄を補っている。

これらの事実は、気候変化が北極の環境とその生物相の水銀レベルに影響する多くのプロセスに影響を及ぼしていることを示している。これらには、水銀の北極への輸送、および北極内での移動、細菌によって無機水銀がより毒性の高いメチル水銀に変換される割合、メチル水銀の生物学的摂取、および食物網を介したメチル水銀の移動が含まれる。





Fernando Ujarne



within the Arctic is from mercury transport from terrestrial catchments. Permafrost, in particular, is an important global reservoir of mercury; the thawing of permafrost in the Arctic could mobilise vast amounts of mercury. However, it is unclear how, when and whether this mercury will be released. The increasing severity and frequency of wildfires within and beyond the Arctic may also be adding to atmospheric mercury concentrations but, again, the long-term implications are not well understood.

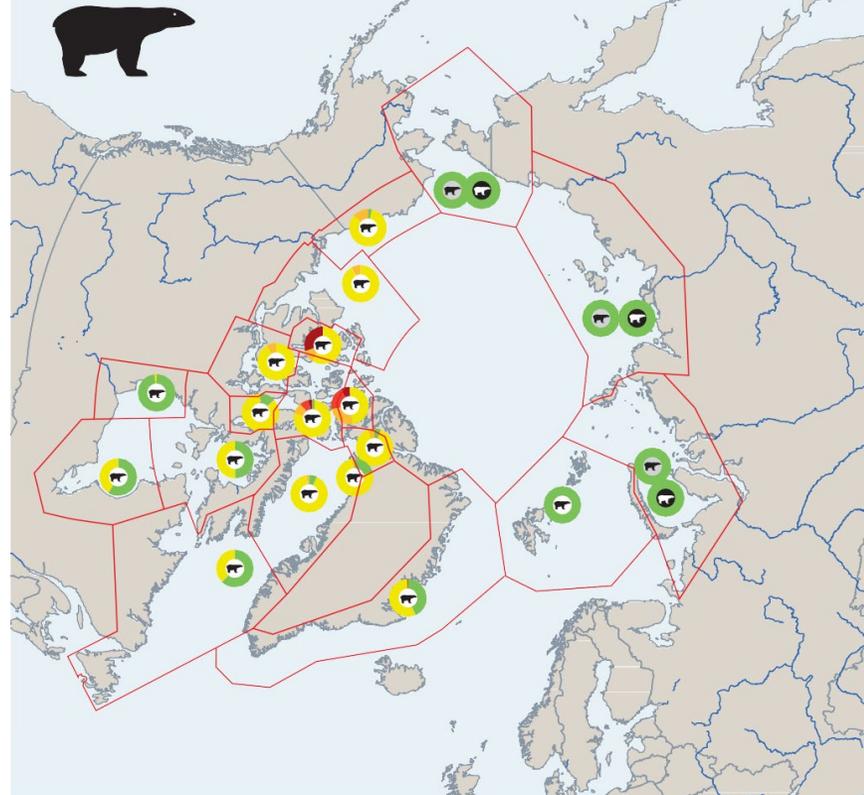
Climate change is also affecting how living organisms absorb and process mercury and its compounds. The spread of vegetation as the region warms – known as Arctic greening – may increase how much atmospheric mercury is accumulated in plants and soils. Warmer temperatures can increase the rate at which bacteria in freshwater and marine

sediments, and in tundra soil, convert inorganic mercury into methylmercury. Changes in the ranges and abundance of species due to warmer temperatures may change mercury exposures because of differences in mercury concentrations among prey.

However, it is difficult to untangle and isolate the effects of these various drivers, because they are complex and interact with each other. The effects of climate change are also uneven across the Arctic, over different time periods and between and within species, further complicating efforts to understand and forecast the impacts on Arctic ecosystems.

Proportion of polar bear in different sub-populations that are at risk of mercury-mediated health effects.

## ホッキョクグマの毛



- 成体
- 亜成体
- 全て
- 影響なし
- 低リスク
- 中リスク
- 高リスク
- 重度のリスク

ホッキョクグマの様々な亜集団での水銀を介した健康影響リスクのレベル（5段階）の割合。

気温の上昇と暴風雨の増加が、永久凍土層を融かし、氷河を融解させ、海岸線を侵食している。気候変化が北極内の水銀の移動に及ぼす影響の最も明瞭な証拠は、陸地の集水域での水銀輸送である。特に永久凍土層は、世界的に重要な水銀の貯留層であり、その融解は、大量の水銀を動態化させる可能性がある。ただし、この水銀が、どのような形で、いつ、実際に放出されるかは不明である。また、北極内およびそれ以外の地域での林野火災の激しさや頻度の増加も大気中の水銀濃度を増やしている可能性があるが、これについても、その長期的な影響についてはよく分っていない。

気候変化は、生物がどのように水銀およびその化合物を吸収し処理するにも影響を及ぼしている。「北極の緑化」として知られている植生の拡大は、植物や土

壌に蓄積される大気中の水銀量を増加させる可能性がある。気温の上昇は、淡水および海洋の堆積物中、およびツンドラの土壌中の細菌が無機水銀をメチル水銀へ変換する速度を増加させる可能性がある。気温の上昇のために起こる種の生息範囲と存在量の変化は、餌となる生物の水銀濃度の違いによって、水銀の曝露に変化を及ぼす可能性がある。

しかしながら、これらのさまざまな要因は複雑で相互に影響し合うため、その影響を解きほぐし分離することは困難である。また、気候変化の影響は、北極全体で、そして期間、種間および同一種内でも不均一であるために、北極の生態系への影響を理解し、予測する取り組みをさらに複雑にしている。

## INDIGENOUS PEOPLES' AND LOCAL COMMUNITIES' CONTRIBUTIONS TO AND PERSPECTIVES ON MERCURY RESEARCH AND MONITORING

Observing and understanding the Arctic environment and its wildlife and vegetation did not begin with scientific monitoring. The knowledge of Arctic Indigenous Peoples about the world around them, passed down through generations and constantly evolving, has been the basis for their survival, their culture and their sense of locality.

Since scientific monitoring began, however, Indigenous Peoples and local communities have played an important role; in several Arctic countries, research on contaminants and mercury exposure would not be possible without their involvement. Also, the value of Indigenous Knowledge and local knowledge is being increasingly recognised by scientists and governments in the Arctic and beyond, and the involvement of Indigenous Peoples and local communities in decisions about research activities has improved their outcomes and risk management and communication.

The assessment documents examples of Indigenous contributions to mercury research and monitoring activities from over 40 Arctic projects across the circumpolar Arctic. Those initiatives include collections of fish and wildlife in sampling programs dating back to as early as the 1970s and community-driven projects to monitor local contaminant priorities. Indigenous Peoples have also participated in human biomonitoring and health studies over the last several decades. These studies have assessed trends of mercury and identified some of the socio-ecological factors of importance that affect those trends and ultimately how mercury impacts the health of the people.

New digital tools are being developed to document Indigenous Knowledge and field observations, but current efforts are particularly directed to Indigenous self-determination in Arctic research, as well as a co-production of knowledge approach, where Indigenous knowledge holders are equitably engaged together with scientists in research and monitoring activities.

How Arctic Indigenous Peoples and local communities are affected has been and continues to be important in building a picture of mercury contamination and in driving national and international regulation. The role of Indigenous Peoples was particularly important in the negotiations that led to the Minamata Convention, helping to put a human face to the threat posed by mercury contamination.

The use of Indigenous Knowledge and Local Knowledge in environmental research and monitoring and associated decision-making processes is part of the mandate of the Arctic Council and its working groups, including AMAP.

## 先住民と地域社会の水銀研究と監視に関する貢献と展望

北極の環境や野生生物および植生の観測・観察とそれらを理解する試みは、科学的なモニタリングから始まったわけではない。北極の先住民は、自分たちを取り巻く世界に関する知識を、世代を超えて継承し、絶えず進化させてきた。それは彼らの生存、文化、そして土地認識の基礎となってきたのである。

とはいえ、科学的監視の開始以降、先住民と地域社会は科学的活動においても重要な役割を果たしてきた。いくつかの北極圏の国においては、汚染物質や水銀の曝露に関する研究は、彼らの関与なしには不可能であった。また、先住民の知識や地域の知識の価値は、北極およびそれ以外の地域の科学者や政府によってより強く認識されつつあり、研究活動の決定に先住民と地域社会が関与することで、研究の成果やリスク管理、コミュニケーションが改善されてきている。

この評価報告書は、北極地域全体の40を超えるプロジェクトによる水銀に関する研究および監視活動への先住民の貢献の実例を記載している。これらの取り組みには、1970年代にさかのぼる試料採取プログラムでの魚や野生生物の収集、および地域の汚染物質の優先順位を監視するためのコミュニティ主導のプロジェクトが含まれている。また、先住民は、過去数十年にわたってヒトのバイオモニタリングや健康調査にも参加してきた。これらの研究は、水銀の変化傾向を評価するとともに、その傾向に影響を与える主要な社会生態学的な重要因子を特定し、最終的に水銀が人々の健康にどのように影響するかを明らかにしてきた。

先住民の知識と野外での観察結果を記録するための新しいデジタルツールが開発されているが、現在の取り組みは、北極の研究における先住民の自己決定や、先住民の知識保有者が科学者と対等の立場で研究と監視活動に関与する知識の共同生産アプローチに特に力を入れている。

北極の先住民と地域社会がどのような影響を受けているかが、水銀汚染の状況を把握し、各国内および国際的な規制を推進する上で重要であり、今後も重要となる。水俣条約に至る交渉において先住民の果たした役割は特に重要であったし、水銀汚染がもたらす脅威を人々にとってより身近なものにするのに役立った。

先住民の知識と地域の知識を環境研究やモニタリング、および関連する意思決定プロセスに活用することは、AMAPを含む北極評議会およびその作業部会の任務の一部である。





## HOW IS MERCURY EXPOSURE LIKELY TO CHANGE IN THE FUTURE?

Mercury concentrations in the Arctic are affected by a combination of factors, including contemporaneous levels of global anthropogenic emissions, natural emissions of mercury, and how past natural and human-caused emissions have been stored, reemitted and recycled through the environment. Estimating future mercury concentrations is therefore complex. It involves an assessment of potential changes both in levels of pollution – driven by economic activity, energy use, regulations and technology use – and of changes to the Arctic climate and environment.

These changes – which are inter-related and sometimes offsetting – will affect concentrations in the Arctic atmosphere, ocean and within food webs over different timeframes. Atmospheric concentrations in the Arctic can be expected to respond to changes in mercury emissions within months, while changes to concentrations in the Arctic Ocean will lag significantly, over years and decades, and be influenced to a greater degree by biological, chemical and geological processes.

For example, the loss of sea-ice caused by climate change will allow for greater evaporation of mercury from the Arctic Ocean, leading to lower concentrations in surface waters. Conversely, increased river run-offs will add more mercury to the ocean. More extensive wildfires and the thawing of permafrost will both increase the re-emission of mercury. On the other hand, Arctic greening will increase the deposition of mercury.

Modelling carried out for the 2021 AMAP Mercury Assessment shows that future controls on mercury emissions around the world, consistent with ambitious policy implementation trajectories under the Minamata Convention, could lower mercury in the Arctic environment in the coming decades. However, delays to introducing controls on emissions could have a substantial impact on mercury concentrations.

Specifically, after controlling for uncertainties in emissions and depositions, the model projections suggest that the difference between the most stringent controls and a scenario where no action is undertaken could be as high as 36% in mercury concentrations in Arctic Ocean surface waters by 2050. The modelling indicates that even modest delays in action to reduce mercury emissions would have significant adverse effects on concentrations in the Arctic, suggesting that delaying implementation of controls on mercury pollution from 2020 to 2035 could lead to 5% more mercury in surface waters by 2050.

## 水銀曝露は将来どのように変化する可能性があるか？

北極の水銀濃度は、同時期の地球規模の人為的排出の程度、水銀の自然放出、過去の自然および人為的な排出が環境中にどのように貯蔵され、再放出され、リサイクルされてきたかなどの諸要因の組み合わせを通じて影響を受ける。したがって、将来の水銀濃度の推定は非常に複雑である。そのためには、経済活動、エネルギー使用、諸規制、技術利用などによる汚染レベルの変化と、北極の気候と環境の変化の両方の可能性を評価する必要がある。

これらの変化は相互に関連し、時には相殺されるものであるが、さまざまな時間スケールで北極の大気、海洋、食物網内の濃度に影響を与える。北極の大気中濃度は、水銀排出量の変化に数か月以内に反応すると推測されるが、北極海の水銀濃度の変化は、数年から数十年にわたって大幅に遅れるとともに、生物学的、化学的、地質学的過程からより大きな影響を受ける。

たとえば、気候変化によって引き起こされる海水の減少は、北極海からの水銀の蒸発量を増加させ、その結果、表層水中の濃度を低下させることにつながる。逆に、河川の流出量が増えると、海洋により多くの水銀が流入する。また、より広範囲の林野火災と永久凍土の融解は、いずれも水銀の再放出を増加させる。一方、北極の緑化は水銀の沈着を増加させる。

2021年AMAP水銀評価のために実施されたモデリングは、水俣条約の下での野心的な規制政策実施のシナリオに沿って、将来的に世界中の水銀排出を規制することで、今後数十年で北極の環境中の水銀レベルを低下させることが可能であることを示している。ただし、排出規制の導入が遅れると、水銀濃度に大きな影響を及ぼす可能性がある。

具体的には、排出量と沈着量の不確実性を調整した後のモデルの予測は、最も厳しい規制を行った場合と何も実施されないシナリオの場合との差が、2050年までに北極海の表層水中の水銀濃度で36%にもなる可能性があることを示唆している。モデリングは、水銀排出量を削減するための行動のわずかな遅れでさえ、北極海の水銀濃度に重大な悪影響を与えることを示していて、水銀汚染の規制の実施を2020年から2035年に遅らせると、2050年までに地表水中の水銀が5%増える可能性があるとしている。

## WHAT SHOULD POLICY-MAKERS CONSIDER IN RESPONSE TO THE CHALLENGES OF MERCURY POLLUTION IN THE ARCTIC?

Northwest Arctic Research Center

- Future concentrations of mercury in the Arctic environment will be substantially influenced by future global anthropogenic emissions. While less than 2% of these mercury emissions are from within the Arctic, Arctic Council member states and observer countries account for around 44% of global human-made emissions. Arctic Council members and observers are therefore well-placed to show global leadership under the Minamata Convention, and also regionally.
- Parties to the Minamata Convention are required to evaluate the effectiveness of the Convention. Given its explicit reference of the vulnerability of Arctic populations to mercury pollution, enhanced and more harmonized monitoring of exposure pathways and risks to human and wildlife populations in the region is needed.
- Climate change is altering how mercury is transported to and within the Arctic, and how it accumulates and cycles through the Arctic environment and living creatures. These changes are complex, inter-related and difficult to predict. The interconnected nature of mercury contamination and climate change requires efforts at both the science and policy levels to mitigate both challenges facing the Arctic which will also require interdisciplinary research approaches and funding to support them.
- To better differentiate between the above-mentioned drivers of the observed long-term trends of mercury in the Arctic, there is a need to supplement existing monitoring programs with ancillary data that enables better analysis of cause-effect relationships. This information will be critical for policymakers who try to direct resources in a cost-efficient manner and for evaluating the likely consequences of already-implemented or planned policy and management action. To the extent possible, these studies should be conducted with the involvement of the various stakeholders who are best placed to influence the identified drivers.
- The development of collaborative processes and partnerships between Arctic Indigenous Peoples, local communities, and scientists, including equitable engagement of Indigenous Peoples, is key to the success of long-term research, monitoring and risk management and communication in the region. Such processes depend on good communication practices and transparency, ethical research guidelines and sustained funding.

## 北極の水銀汚染の課題に対応するために政策決定者は何を考慮すべきか？

- 北極環境における将来の水銀濃度は、将来の地球規模の人為的排出量によって大きく影響される。これらの水銀排出量のうち、北極内からの排出量は2%未満であり、北極評議会のメンバー国とオブザーバー国が、世界的人為的排出量の約44%を占めている。したがって、北極評議会のメンバーとオブザーバー国は、水俣条約の下で、地域的にも世界的にもリーダーシップを発揮する上で好位置にいる。
- 水俣条約の締約国は、条約の有効性を評価することが求められる。水銀汚染に対する北極の個体群の脆弱性が明確に言及されていることから、この地域の人間と野生生物の集団に対する曝露経路とリスクに関する、強化された、より調整のとれた監視が必要である。
- 気候変化は、水銀が北極へ、あるいは北極内をどのように輸送され、またどのように蓄積し、北極の環境と生物の中を循環するかを変化させている。これらの変化は複雑で、相互に関連しており、予測が困難である。水銀汚染と気候変化が相互に関連していることから、北極が直面するこの2つの問題を緩和するためには科学と政策の両方のレベルでの取り組みを必要とし、それらを支えるための学際的な研究アプローチと資金も必要である。
- 北極で観測された水銀の長期的傾向に関わる上記の要因を峻別するには、因果関係のより良い分析を可能にする補助データによって既存の監視プログラムを補完する必要がある。この情報は、コスト効率の良い方法で資金を配分しようとする政策決定者にとって重要であり、すでに実施中または計画中の政策と管理方法から得られる結果を見積もるためにも重要である。これらの研究は、可能な限り、特定された要因に影響を与える可能性のあるさまざまな利害関係者の関与のもとで実施する必要がある。
- 北極先住民、地域社会、科学者の中で、先住民の対等な関与を含む協力的なプロセスとパートナーシップを構築することは、北極地域における長期的な研究、監視、リスク管理、コミュニケーションを成功させるための鍵である。このようなプロセスは、適切なコミュニケーションと透明性、倫理規準に関するガイドライン、および継続的な資金提供の上に成り立つ。

## RECOMMENDATIONS

Based on the findings of this AMAP assessment, the AMAP Working Group recommends the following steps:

### 1 INCORPORATING KNOWLEDGE INTO PROCESSES SUPPORTING POLICY-MAKING:

Arctic Council member states continue and where appropriate expand mercury monitoring in the region to provide the information necessary to inform Arctic policy- and decision-making and support activities including Minamata Convention effectiveness evaluation and UN ECE Air Convention (Convention on Long-Range Transboundary Air Pollution).

Specifically, this should include: enhanced geographical coverage; sample matrices, including seawater, and river inorganic and methylmercury. This monitoring should be designed to support feasible and cost-effective management strategies. Monitoring and decision-making should involve the close participation and equitable engagement of Indigenous People and Local Communities.

### 2 REAFFIRMING CALLS FOR ACTION ON MERCURY:

Arctic Council member states and observers strengthen efforts to reduce primary emissions of mercury and continue to support the further implementation of the Minamata Convention. Implementing global action to reduce mercury emissions and releases is the key to reducing mercury environmental contamination in the Arctic, and therefore reducing adverse impacts on Arctic wildlife and human populations.

Arctic States, in addition to taking action on global emissions, consider taking independent actions to address existing mercury sources within the Arctic region that have the potential to contaminate local food resources, in particular traditional foods that are consumed by Indigenous Peoples and other Arctic residents.

Emissions sources may be exacerbated by the direct and indirect impacts of climate change, including increased human activity, permafrost degradation, flooding and increasing occurrence of wildfires. Addressing these sources is therefore part of a wider strategy to mitigate the impacts of climate-change related phenomena that add to threats to Arctic ecosystems, and Indigenous Peoples' and other Arctic residents' food security and safety.

### 3 EXTENDING THE KNOWLEDGE BASE ON MERCURY IN THE ARCTIC:

Governments of Arctic States and observer countries, and international and national research funding agencies:

Expand studies considering the impact of climate change and related ecosystem changes on long-range transport of mercury to the Arctic and its cycling and fate in the Arctic. Of particular importance are further investigation of methylmercury production in Arctic marine environments, particularly in zones which enhance uptake in the food web, and improved modelling of climate change influences on processes that affect mercury transport and fate in order to evaluate source-receptor impacts.

Encourage interdisciplinary research that reflects the complexity of physical, chemical and biological processes including multidisciplinary studies evaluating the long-term consequences of climate change and other drivers on biota exposure to mercury, and the cumulative effects of mercury and other environmental contaminants and stressors resulting from climate change and other drivers of anthropogenic origin.

Continue and extend the geographical scope of long-term contaminant monitoring programmes, including continued temporal trend monitoring of mercury in Arctic air and biota, with enhanced program designs to resolve effects of local environmental processes from anthropogenic drivers. Continuing and expanding biomonitoring to improve understanding of key human and wildlife exposure pathways to mercury and track potential health risks in the context of the impact of climate change on food security and safety is also a priority in this context.

Promote increased co-production of knowledge by supporting further development of partnerships between Indigenous Peoples and scientists, using best practices, for research and monitoring of mercury in the Arctic. Engaging with other stakeholders, such as local government and public health authorities is also essential, to ensure that information relevant to policy- and decision making at the local scale is acted on in an effective manner.



ADDRESSING NEW FINDINGS



REINFORCING MESSAGE



ADDRESSING KNOWLEDGE GAPS

## 推奨事項

AMAP評価の結果に基づいて、AMAPワーキンググループは次の作業を推奨する。

### 1 政策決定を支援するプロセスに知識を取り込む:

北極評議会のメンバー国は、この地域の水銀モニタリングを継続、必要に応じて拡大し、北極の政策決定および意思決定に必要な情報を提供し続けるとともに、水俣条約の有効性評価や国連ECE大気汚染条約（長距離越境大気汚染条約）などの活動を支援する。

具体的には、地理的範囲の拡大、海水を含むサンプルマトリックス、そして河川の無機水銀とメチル水銀などが含まれている必要がある。この監視活動は、実行可能で費用効果の高い水銀管理戦略に資するように設計する必要がある。監視活動と意思決定には、先住民と地域社会との緊密な参加と対等な関与が含まれるべきである。

### 2 水銀に関する行動の呼びかけの再確認:

北極評議会のメンバー国とオブザーバーは、水銀の一次排出量を削減するための努力を強化し、水俣条約のさらなる実施を引き続き支援する。

水銀の排出と放出を削減するための世界的な行動を実施することは、北極の水銀環境汚染を減らし、その結果北極の野生生物と人々への悪影響を低減させるための鍵となる。

北極諸国は、世界的な排出量に対処することに加えて、地元の食料資源、特に先住民や他の北極の住民によって消費される伝統的な食物を汚染する可能性のある北極内の既存の水銀排出源に対処するための独立した別個の行動を取ることを検討する。

排出源は、人間活動の活発化、永久凍土層の衰退、洪水、林野火災の発生の増加など、気候変化の直接的および間接的な影響によって悪化する可能性がある。したがって、これらの排出源に対処することが、北極の生態系、先住民や他の北極住民の食料安全保障と安全への脅威を増大させる気候変化関連の現象の影響を緩和するためのより広い戦略の一部である。

### 3 北極の水銀に関する知識基盤を拡大する:

北極諸国の政府とオブザーバー国、および国際的および国内の研究助成機関は以下の取り組みを行う:

気候変化および関連する生態系の変化が、北極への水銀の長距離輸送とその循環および北極での動態に及ぼす影響を考慮した研究を拡大する。特に重要なのは、北極の海洋環境、特に食物網への取り込みが激しい区域でのメチル水銀生成のさらなる調査と、ソース・レセプター効果を評価するために必要となる水銀の輸送と動態に影響するプロセスへの気候変化影響のモデリングの改善である。

物理的、化学的、生物学的プロセスの複雑さを考慮に入れた学際的研究を奨励する。具体的には、気候変化やその他の要因が生物相の水銀への曝露に及ぼす長期的な影響、および気候変化および人為起源の他の要因の結果として起こる水銀やその他の環境汚染物質やストレス要因についての累積的影響を評価する学際的研究などである。

長期的な汚染物質監視プログラムの地理的範囲を持続し、さらに拡大する。具体的には、北極の大気と生物相における水銀の継続的な変化傾向の監視であるが、その際、人為的要因による地域の環境プロセスの影響を解決できるようにプログラムを強化する。気候変化が食料安全保障と安全に及ぼす影響の観点から、水銀への人間および野生生物の主要な曝露経路の理解を深め、潜在的な健康リスクを追跡するためのバイオモニタリングを継続および拡大することも、関連する優先事項である。

#### 知識の共同生産の増加を促進

北極の水銀の研究と監視のため、ベストプラクティスを用いて先住民と科学者の間のパートナーシップの発展を支援し、知識の共同生産の増加を促進する。地方自治体や公衆衛生当局などの他の利害関係者との連携も、地方規模での政策や意思決定に関連する情報が効果的に活用されるようにするために不可欠である。



新たな研究に関する取り組み



強化に関するメッセージ



知識のギャップに関する取り組み

AMAP, established in 1991 under the eight-country Arctic Environmental Protection Strategy, monitors and assesses the status of the Arctic region with respect to pollution and climate change. AMAP produces science-based policy-relevant assessments and public outreach products to inform policy and decision-making processes. Since 1996, AMAP has served as one of the Arctic Council's six working groups.

This document was prepared by the Arctic Monitoring and Assessment Programme (AMAP) and does not necessarily represent the views of the Arctic Council, its members or its observers.

The AMAP Assessment 2021: Mercury in the Arctic is one of several reports and assessments published by AMAP in 2021. Readers are encouraged to review this, and the reports below, for more in-depth information on climate and pollution issues:

- AMAP Assessment 2020: POPs and Chemicals of Emerging Arctic Concern: Influence of Climate Change
- AMAP Assessment 2021: Impacts of Short-lived Climate Forcers on Arctic Climate, Air Quality, and Human Health
- AMAP Assessment 2021: Human Health in the Arctic
- AMAP Arctic Climate Change Update 2021: Key Trends and Impacts

#### AMAP Secretariat

The Fram Centre,  
Box 6606 Langnes,  
9296 Tromsø, Norway

Tel. +47 21 08 04 80  
Fax +47 21 08 04 85

amap@amap.no  
www.amap.no

AMAP  
Arctic Monitoring and  
Assessment Programme

Cover image: Andrew Slaton/shutterstock.com

AMAPは、1991年に8カ国の北極環境保護戦略に基づいて設立され、汚染と気候変化に関する北極地域の状況について監視し評価を行っている。AMAPは、政策と意思決定プロセスに情報を提供するために、科学に基づいた政策関連の評価文書と一般向けのアウトリーチ成果物を作成している。1996年以来、AMAPは北極評議会の6つのワーキンググループのひとつとして活動している。

この文書は、北極監視評価プログラム（AMAP）によって作成されたものであり、必ずしも北極評議会のメンバーやオブザーバー諸国の見解を表すものではない。

**The AMAP Assessment 2021: Mercury in the Arctic (AMAP評価2021：北極の水銀)**は、2021年にAMAPによって発行された数種の報告書および評価書のひとつである。気候と汚染の問題に関する詳細情報については、これと以下の報告書を確認することを勧める。

- AMAP Assessment 2020: POPs and Chemicals of Emerging Arctic Concern: Influence of Climate Change  
(AMAP評価2020：POPsと北極で新たに懸念されている化学物質：気候変化の影響)
- AMAP Assessment 2021: Impacts of Short-lived Climate Forcers on Arctic Climate, Air Quality, and Human Health  
(AMAP評価2021：短寿命気候強制力因子が北極の気候、大気質、および人間の健康に及ぼす影響)
- AMAP Assessment 2021: Human Health in the Arctic  
(AMAP評価2021：北極の人々の健康)
- AMAP Arctic Climate Change Update 2021: Key Trends and Impacts  
(AMAP北極気候変化のアップデート2021：主な変化傾向と影響)

#### AMAP事務局

フラムセンター、  
ボックス6606ラングネス、  
9296トロムソ、ノルウェー  
電話 +47 21 08 04 80  
ファックス+4721 08 04 85  
amap@amap.no  
www.amap.no

原文書名：Mercury in the Arctic

発行者・発行年：Arctic Monitoring & Assessment Programme (AMAP)、2021年  
日本語訳発行者：ArCS II事務局（国立極地研究所 国際北極環境研究センター内）  
翻訳協力者：大畑哲夫、末吉哲雄（国立極地研究所）  
WEB掲載年：2021年

2021年9月作成